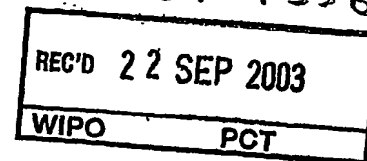


Rec'd PAT/PTO 01 FEB 2005

10/523561 #2
PCT/EP 03/07536

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 35 427.8

Anmeldetag: 2. August 2002

Anmelder/Inhaber: EOS GmbH Electro Optical Systems, Planegg/DE

Bezeichnung: Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen
von dreidimensionalen Objekten mittels eines
generativen Fertigungsverfahrens

IPC: B 22 F, B 29 C, B 23 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

PRÜFER

PRÜFER & PARTNER GbR · PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

EP 541-16499.8
DH/PK

EOS GmbH, Electro Optical Systems, Planegg/Deutschland

Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen von dreidimensionalen Objekten mittels eines generativen Fertigungsverfahrens

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen von dreidimensionalen Objekten nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 13.

Bei generativen Fertigungsverfahren, wie z. B. dem Selektiven Lasersintern, dem selektiven Laserschmelzen, der Stereolithographie, dem 3D-Printing, werden dreidimensionale Objekte schichtweise hergestellt, indem Schichten eines Aufbaumaterials aufgetragen und durch selektives Verfestigen an den dem Querschnitt der Objekte entsprechenden Stellen miteinander verbunden werden.

Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind beispielsweise aus der EP 0 734 842 bekannt, die das selektive Lasersintern von pulverförmigem Aufbaumaterial beschreibt. Dort wird eine erste Schicht eines pulverförmigen Materials auf einen absenkbaren Träger aufgebracht und an den dem Objekt entsprechenden Stellen mit einem Laser bestrahlt, so daß

das Material dort zusammensintert. Danach wird der Träger abgesenkt und es wird auf diese erste Schicht eine zweite Schicht aufgebracht und wiederum selektiv gesintert, die dabei mit der ersten Schicht verbunden wird. Dadurch wird das Objekt schichtweise gebildet. Während des Auftragens einer neuen Schicht findet keine Bestrahlung statt. Dadurch wird der Laser als eines der kostenintensivsten Elemente der Lasersinteranlage nicht wirtschaftlich optimal genutzt und die Produktivität der Vorrichtung wird durch Bestrahlungspausen gesenkt. Hinzu kann ein Zeitverlust durch Aufheizen, Abkühlen und andere Verfahrensschritte treten.

Ferner ist es bei einer derartigen Vorrichtung bekannt, mehrere Objekte parallel aufzubauen, wenn diese in den Bauraum passen.

Sollen mehr Bauteile gleichzeitig gefertigt werden, als in den Bauraum passen, so ist dies grundsätzlich durch den parallelen Betrieb mehrerer solcher Vorrichtungen möglich, allerdings ist dies mit hohen Investitionskosten verbunden.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, durch die auf kostengünstige Weise die Produktivität und Wirtschaftlichkeit bei der schichtweisen, generativen Herstellung von dreidimensionalen Objekten erhöht werden kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 13.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung gemäß einer Abwandlung der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Verfahrensablaufs gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung; und

Erste Ausführungsform

Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht einer Lasersinteranlage als Beispiel einer Vorrichtung zur schichtweisen Herstellung von dreidimensionalen Objekten aus einem mittels elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Aufbaumaterial gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Die Vorrichtung weist zwei Prozeßkammern 11 und 12 auf, in denen jeweils Objekte hergestellt werden. Dabei kann es sich um zwei voneinander räumlich separierte Prozeßkammern handeln oder aber um eine Doppelkammer, bei der jeder Teilbereich eine eigene Prozeßkammer darstellt. Jede der Prozeßkammern weist einen Baubehälter 6 mit einer Wandung 16 und einer Bauplattform 4 auf.

Die Bauplattform 4 ist mit einem Vertikalantrieb 15 verbunden, welcher eine Auf- und Abbewegung der Bauplattform 4 relativ zu dem Baubehälter in vertikaler Richtung ermöglicht.

Über dem Baubehälter 6 ist eine Materialauftragevorrichtung 7 zum Aufbringen des auf die Bauplattform 4 aufzubringenden Sinterpulvers angeordnet. Oberhalb der Materialauftragevorrichtung 7 ist eine Ablenkeinheit 10 angeordnet, die geeignet ist, einen gerichteten Strahl elektromagnetischer Strahlung, insbesondere Laserstrahlung auf beliebige Orte innerhalb einer aufgetragenen Schicht zu richten. Vorzugsweise handelt es sich bei der Ablenkeinheit 10 um einen xy-Scanner oder einen Plotter.

Wie in Fig. 1 dargestellt, ist eine Strahlungsquelle 21 in Form eines Lasers außerhalb der Prozeßkammern 11 und 12 angeordnet. Der ausgesandte Laserstrahl wird über eine Umschalt-einrichtung 22 entweder der einen Prozeßkammer 11 oder der anderen Prozeßkammer 12 zugeführt. Die Umschalt-einrichtung 22 ist für den Fall, daß es sich bei der Strahlungsquelle 21 um einen Laser mit fasertransmissionsgeeigneten Eigenschaften handelt, z.B. einen NdYAG Laser, als Strahlweiche ausgebildet. Hierzu wird der Strahlweiche der Laserstrahl über eine Lichtleitfaser oder ein Lichtleitkabel zugeführt und über wahlweise mit diesem verbindbare Lichtleitfasern bzw. Lichtleitkabel an die einzelnen Prozeßkammern weitergeleitet. Somit sind die Prozeßkammern über Lichtleitfasern bzw. Lichtleitkabel jeweils fest mit dem Laser verbunden. Die Umschalt-einrichtung 22 kann aber auch als schaltbares optisches Element, insbesondere als ein Spiegel ausgebildet sein, wobei der Laserstrahl frei propagiert. Ferner zeigt Fig. 1 ein gebildetes Objekt 24, das von nicht verfestigtem Pulver 25 umgeben ist.

In einer Abwandlung ist eine Strahlteilereinrichtung vorgesehen, z.B. in Form eines regelbaren optischen Elements, die es erlaubt, den Strahl aus der Strahlungsquelle zu teilen und gleichzeitig beiden Kammern zuzuführen.

Die Vorrichtung der ersten Ausführungsform gestattet es, eine Strahlungsquelle für zwei verschiedene Prozeßkammern zu nutzen, was mehrere Vorteile für die Herstellung einer großen Stückzahl von Bauelementen mit sich bringt:

Wird nicht jede Prozeßkammer mit einer eigenen Strahlungsquelle versehen, führt dies zu einem deutlich geringeren Investitionsaufwand für die Erhöhung der Anzahl der Prozeßkammern.

Die Entkopplung von Strahlungsquelle und Prozeßkammer gestattet geringere Sicherheitsaufwendungen bei der Ausgestaltung der Prozeßkammer.

Durch die Entkopplung von Strahlungsquelle und Prozeßkammer ist der Platzbedarf für eine Prozeßkammer geringer.

Im Betrieb werden in den beiden Prozeßkammern 11, 12 zeitgleich Objekte hergestellt. Dabei wird der Laser 21 alternierend mit jeder der beiden Prozeßkammern 11, 12 verbunden. Insbesondere wird in der einen Prozeßkammer eine zuvor aufgetragene Schicht belichtet, während zeitgleich in der anderen Prozeßkammer auf eine zuvor selektiv bestrahlte Schicht eine neue Schicht aufgebracht wird und gegebenenfalls für die Bestrahlung vorbereitet wird, z.B. durch Vorheizung.

Das Verfahren gestattet eine gegenüber dem herkömmlichen Verfahren effektivere Nutzung der Strahlungsquelle. Da die Strahlungsquelle jeweils während der Zeit des Schichtauftrags in einem Baubehälter in dem anderen Baubehälter für eine Belichtung benutzt wird, erhöht sich ihr Auslastungsgrad beträchtlich.

Zweite Ausführungsform

Die Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform unterscheidet sich von jener der ersten Ausführungsform darin, daß eine einzige Strahlungsquelle vier Prozeßkammern zugeordnet ist. Diese können entweder in Form von räumlich voneinander getrennten Einzelkammern oder als Teilbereiche von zwei Doppelkammern oder einer Vierfachkammer vorliegen.

Fig. 2 zeigt schematisch eine Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist der Laser 21 über eine Umschaltseinrichtung 224 mit jeweils einer der Prozeßkammern 11, 12, 13, 14 verbindbar. Alternativ dazu kann, wie in Fig. 3 dargestellt, jeweils zwei Prozeßkammern eine Umschaltseinrichtung 222a bzw. 222b zugeordnet sein, deren Eingang mit einem Ausgang einer der Strahlungsquelle 21 nachgeschalteten Umschaltseinrichtung 22 verbunden ist.

Fig. 4 zeigt ein Ablaufschema eines Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Wie in der oberen Hälfte von Fig. 4 dargestellt, wird in den Prozeßkammern 11 und 12 zeitgleich ein Bauvorgang durchgeführt. Bei einem Aufbau gemäß Fig. 3 leitet hierzu die Umschaltseinrichtung 22 die Strahlung der den Prozeßkammern 11 und 12 zugeordneten Umschaltseinrichtung 222a zu. Die Umschaltseinrichtung 222a führt

dann die Strahlung alternierend jeder der beiden Prozeßkammern 11 und 12 zu. Insbesondere wird in der einen Prozeßkammer eine zuvor aufgetragene bzw. vorbereitete Schicht belichtet, während zeitgleich in der anderen Prozeßkammer auf eine zuvor selektiv belichtete Schicht eine neue Schicht vorbereitet wird. Während des Bauvorgangs in den beiden Prozeßkammern 11 und 12 werden in den beiden anderen Prozeßkammern 13 und 14 fertig gebaute Objekte den Prozeßkammern entnommen und ein neuer Bauvorgang in den Prozeßkammern vorbereitet.

Wie in der unteren Hälfte von Fig. 4 dargestellt, wird nach Beendigung des Bauvorgangs in den Prozeßkammern 11 und 12 ein neuer Bauvorgang in den Prozeßkammern 13 und 14 durchgeführt, während in den beiden Prozeßkammern 11 und 12 fertig gebaute Objekte den Prozeßkammern entnommen werden und ein neuer Bauvorgang vorbereitet wird. Bei einem Aufbau gemäß Fig. 4 leitet hierzu die Umschalteneinrichtung 22 die Strahlung der den Prozeßkammern 13 und 14 zugeordneten Umschalteneinrichtung 222b zu. Die Umschalteneinrichtung 222b führt dann die Strahlung alternierend jeder der beiden Prozeßkammern 13 und 14 zu. Insbesondere wird in der einen Prozeßkammer eine zuvor aufgetragene Schicht belichtet, während zeitgleich in der anderen Prozeßkammer auf eine zuvor selektiv belichtete Schicht eine neue Schicht aufgetragen wird.

Die Umschalteneinrichtungen 22, 222a bzw. 222b sind wie bereits bei der ersten Ausführungsform beispielsweise als schaltbare optische Elemente oder als Strahlweichen ausgeführt. Im letzteren Fall besteht dann zwischen der Strahlweiche 22 und dem Laser 21 einerseits und der Strahlweiche 222a bzw. 222b andererseits eine feste Verbindung über eine Lichtleitfaser oder ein Lichtleitkabel.

In einer weiteren Abwandlung sind mehr als vier Prozeßkammern und entsprechend dazu Umschalteneinrichtungen vorgesehen.

Die beiden oben beschriebenen Ausführungsformen weisen ferner den Vorteil auf, daß in den unterschiedlichen Prozeßkammern voneinander verschiedene Werkstoffpulver verwendet werden können. Ferner können zwei Chargen unmittelbar nacheinander produziert werden.

Die Erfindung ist bevorzugt anwendbar für das selektive Lasersintern bzw. das selektive Laserschmelzen, bei dem als zu verfestigendes Material ein Pulver verwendet wird. Sie ist aber nicht darauf beschränkt, sondern umfaßt auch die Verwendung eines flüssigen, lichterhärtbaren Harzes, wie es aus der Stereolithographie bekannt ist oder die Verfestigung eines Pulvermaterials mittels Einwirkung eines Binders oder Bindersystems. Der Strahl besteht dabei aus Partikeln eines oder mehrerer Komponenten, der die Pulverkörner des Aufbaumaterials miteinander verbindet.

Außer der in den Ausführungsbeispielen beschriebenen Anzahl von Prozeßkammern kann auch jede beliebige Anzahl von Prozeßkammern bzw. Baubereichen oder Kombination der Anzahl der Strahlungsquellen und der zugehörigen Prozeßkammern bzw. Baubereichen vorgesehen sein. In den Prozeßkammern können verschiedene Werkstoffe, Prozeßbedingungen, wie z.B. Temperatur oder Druck oder umgebende Atmosphäre, oder Parameter wie z.B. die Laserleistung verwendet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zum schichtweisen generativen Herstellen von dreidimensionalen Objekten unter Einwirkung von elektromagnetischer oder Teilchenstrahlung an den jeweiligen, dem Querschnitt des Objekts in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen mit
wenigstens zwei voneinander getrennten Baubereichen (11, 12) für herzustellende Objekte;
einer Strahlungsquelle (21) zum Abgeben der elektromagnetischen oder der Teilchenstrahlung,
gekennzeichnet durch
eine Umschalteinrichtung (22, 222a, 222b) zum Umschalten der Strahlung zwischen den Baubereichen, derart, daß jeweils ein Baubereich bestrahlt wird, wobei die Umschalteinrichtung (22, 222a, 222b) ein schaltbares optisches Element oder eine Strahlweiche aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Baubereiche in getrennten Prozeßkammern (11, 12) vorgesehen sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum Einkoppeln und Auskoppeln der Strahlung optische Fasern mit der Umschalteinrichtung (22, 222a, 222b) verbunden sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung, welche die Umschalteinrichtung derart steuert, daß während eines Prozessschritts in einem Baubereich (11), der ohne Beteiligung der Strah-

lungsquelle abläuft, in einem anderen Baubereich (12) ein Prozeßschritt mit Beteiligung der Strahlungsquelle abläuft.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung für die Umschalteneinrichtung (22, 222a, 222b), die so ausgebildet ist, daß während der Verfestigung einer Schicht in dem einen Baubereich (11) in einem anderen Baubereich (12) andere Prozeßschritte wie z.B. Schichtauftrag, Beladen oder Entladen stattfinden.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mehr als zwei Baubereiche (11, 12, 13, 14) vorgesehen sind, die entweder getrennten Prozeßkammern und/oder Teilbereichen von Mehrfachkammern zugeordnet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine weitere Umschalteneinrichtung (222a, 222b) vorgesehen ist, die die Strahlung zwischen den Baubereichen einer Mehrfachkammer umschaltet.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Prozeßkammer hermetisch dicht ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßkammer eine Heiz- oder eine Kühleinrichtung aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle als Laser ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle als Quelle zum Erzeugen eines Strahls an Partikeln eines Bindermaterials ausgebildet ist.

12. Verfahren zum schichtweisen generativen Herstellen von dreidimensionalen Objekten unter Einwirkung elektromagnetischer oder Teilchenstrahlung an den jeweiligen dem Querschnitt des Objekts in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen

dadurch gekennzeichnet, daß während eines Prozeßschrittes in einem Baubereich (11), der ohne Beteiligung der Strahlung abläuft, in einem anderen Baubereich (12) ein Prozeßschritt mit Beteiligung der Strahlung stattfindet, wobei die Strahlung zwischen den Baubereichen mittels einer Umschalteneinrichtung, die ein schaltbares optisches Element und/oder eine Strahlweiche aufweist, umgeschaltet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozeßschritt mit Beteiligung der Strahlung ein Schritt des Verfestigens einer Schicht eines Aufbaumaterials mittels der Strahlung ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozeßschritt ohne Beteiligung der Strahlung einen Schichtauftrag, die Entnahme eines fertigen Objekts aus dem Baubereich oder Vorbereitungshandlungen für einen neuen Bauvorgang umfaßt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem die Objekte in einer Mehrzahl von Prozeßkammern (11, 12, 13, 14) hergestellt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die Anzahl der Prozeßkammern in zwei Gruppen unterteilt ist, wobei in der einen Gruppe von Prozeßkammern fertige Objekte den Prozeßkammern entnommen werden und/oder Prozeßkammern für einen Herstellungsvorgang vorbereitet werden, während in der anderen Gruppe von Prozeßkammern in einem Teil der Prozeßkammern eine Bestrahlung stattfindet und gleichzeitig in dem anderen Teil der Prozeßkammern ein Vorgang ohne Beteiligung der Strahlungsquelle stattfindet.

17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem nach Beendigung der Herstellungsvorbereitung in der einen Gruppe von Prozeßkammern in dieser Gruppe in einem Teil der Prozeßkammern dieser Gruppe eine Bestrahlung stattfindet und gleichzeitig in dem anderen Teil der Prozeßkammern dieser Gruppe ein Prozeßschritt des Vorbereitens einer Schicht stattfindet, während in der anderen Gruppe von Prozeßkammern fertige Objekte den Prozeßkammern entnommen werden oder Prozeßkammern für einen Herstellungsvorgang vorbereitet werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei dem bei der Umschalteneinrichtung die Einkopplung und Auskopplung der Strahlung mittels optischer Fasern stattfindet.

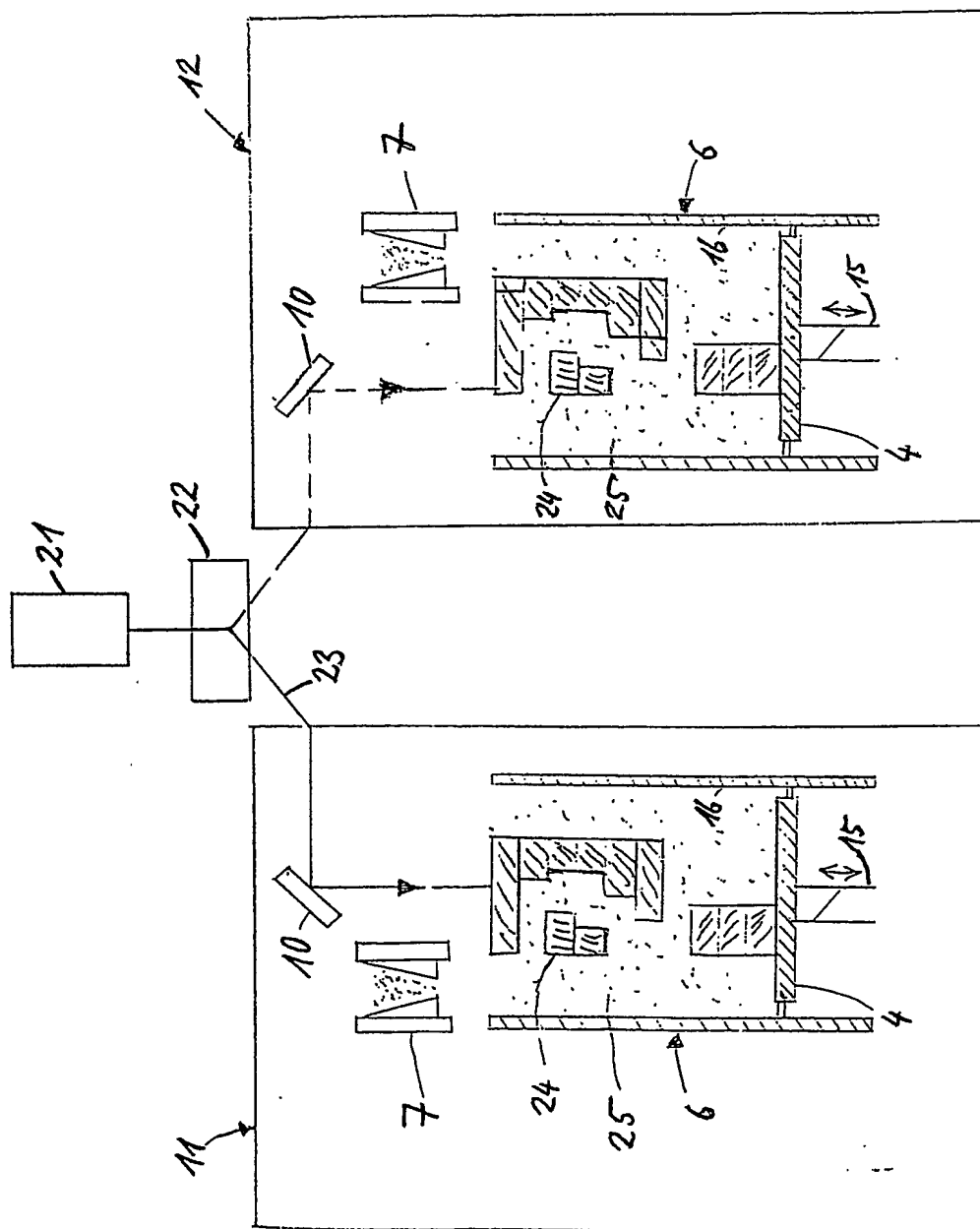
ZUSAMMENFASSUNG

Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur schichtweisen, generativen Herstellung von dreidimensionalen Objekten vorgesehen. Mehrere Objekte werden parallel in verschiedenen Prozeßkammern (11, 12, 13, 14) mittels sukzessiven Auftrags von Schichten eines Aufbaumaterials und anschließendem Verfestigen einer Schicht bzw. Verbinden der Schicht mit der zuvor aufgetragenen Schicht mittels Strahlung hergestellt. Die Strahlung wird von einer außerhalb der Prozeßkammern angeordneten Strahlungsquelle einem Teil der Prozeßkammern zugeführt, während in dem anderen Teil der Prozeßkammern ein Schichtauftrag stattfindet.

(Fig. 1)

1/4

Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

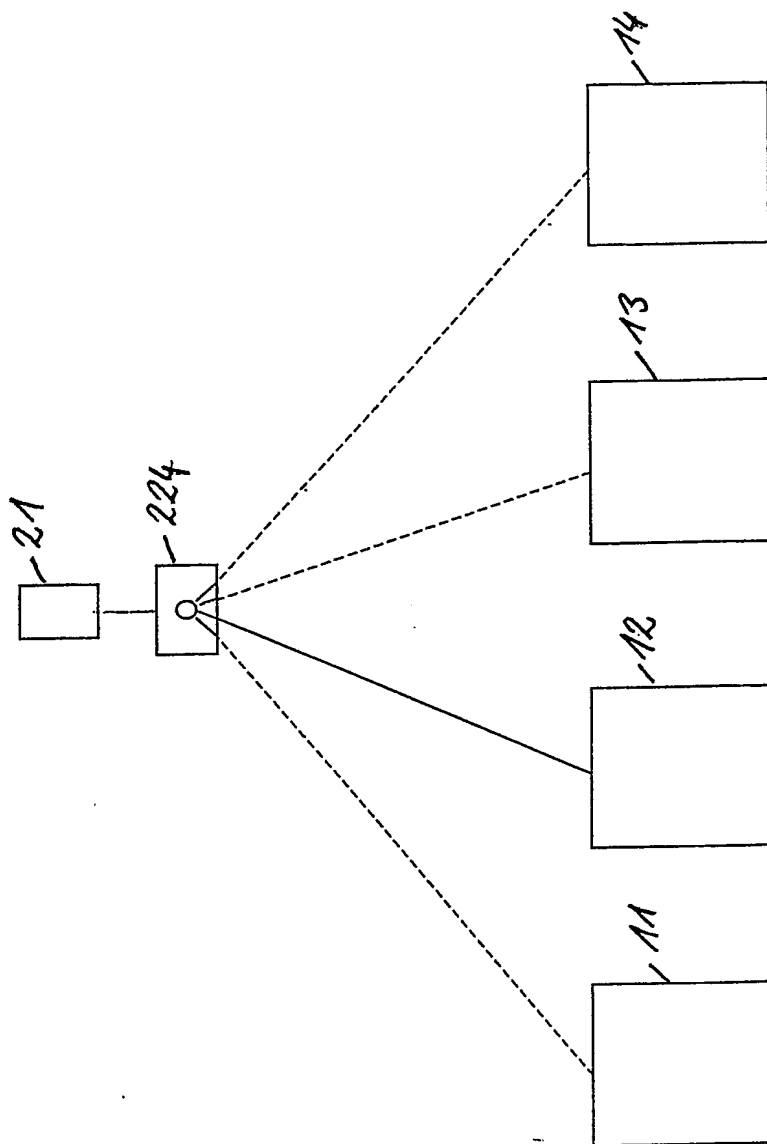


Fig 2

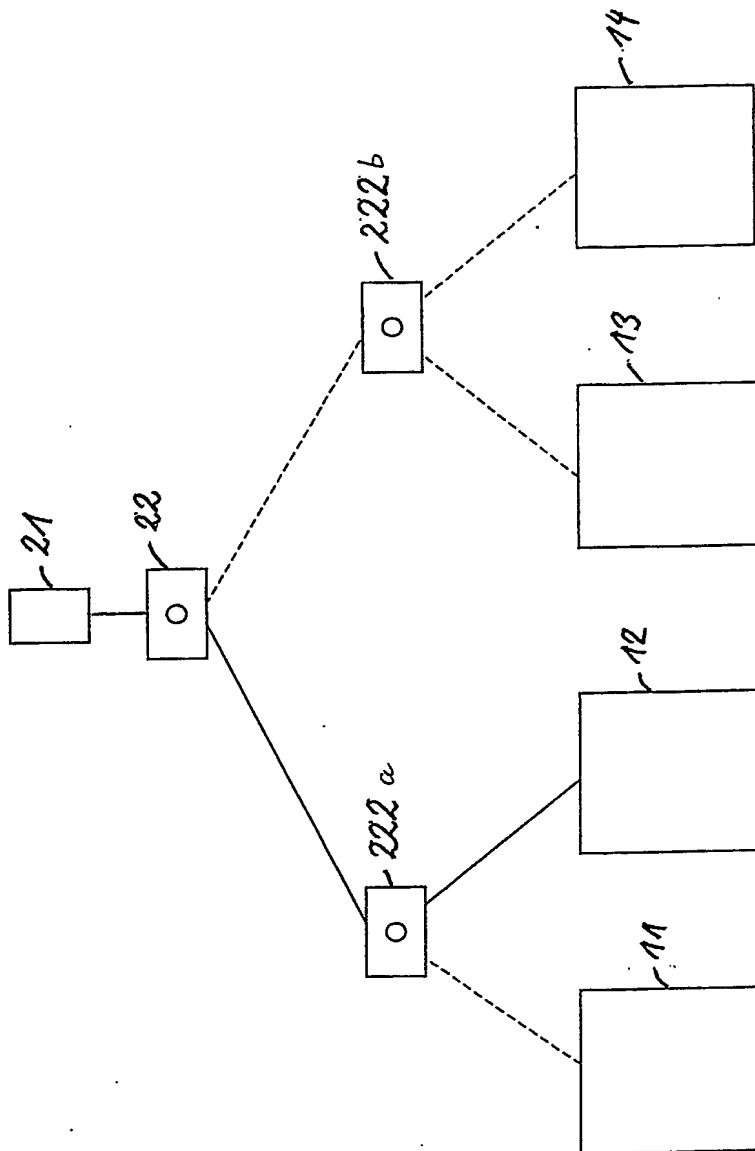


Fig 3

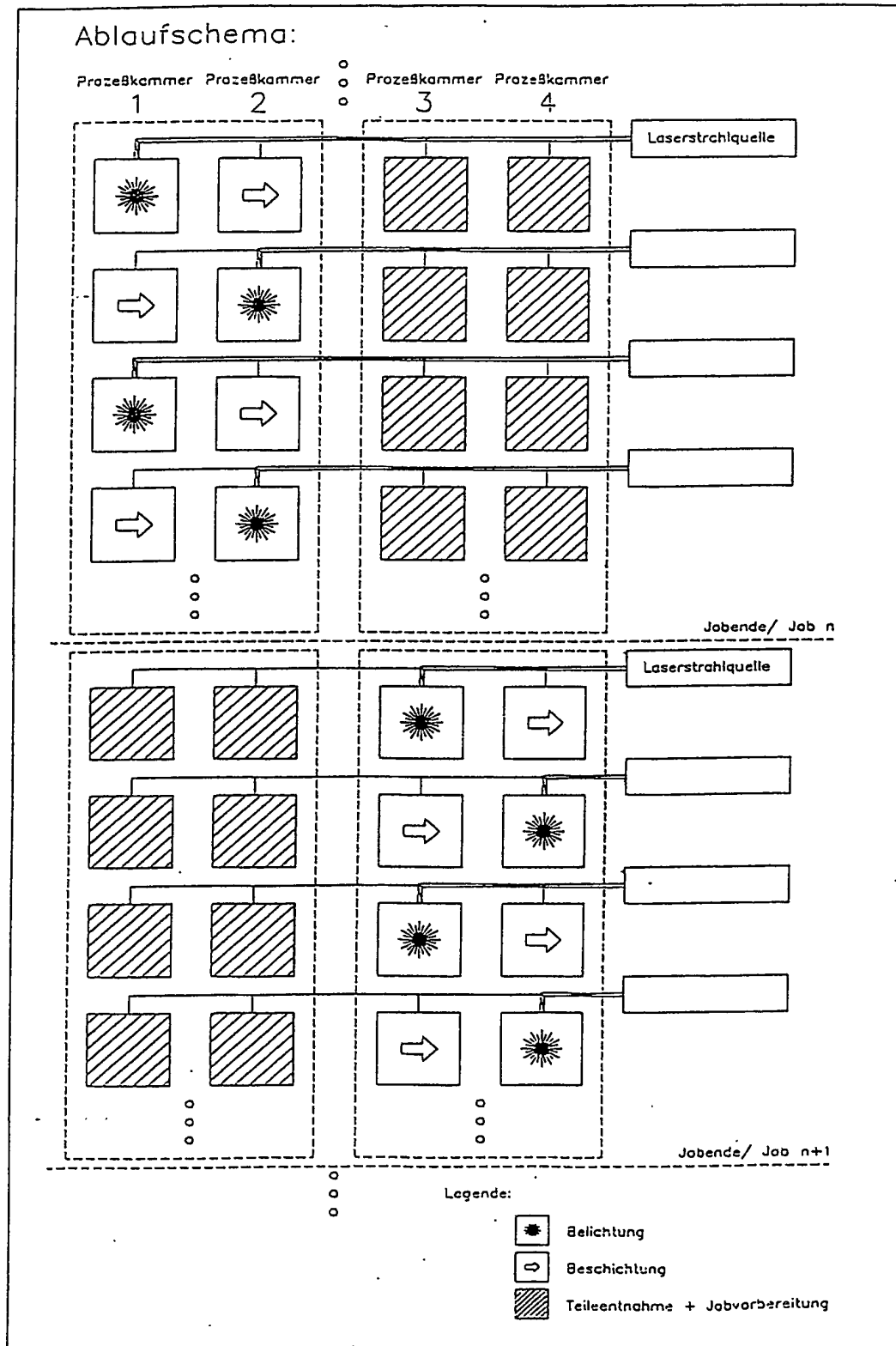


Fig. 4